

ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ШЛЮЗА-РЕГУЛЯТОРА НА Р. ЛАНЬ

Г. Г. Круглов, кандидат технических наук, доцент,
Н. Н. Линкевич, кандидат технических наук, доцент

Белорусский национальный технический университет,
г. Минск, Беларусь

Аннотация

Приведены методика натурных обследований и результаты исследований технического состояния конструктивных элементов шлюза-регулятора. Выявлено их техническое состояние, наличие различного рода дефектов и разрушений. Даны рекомендации по ремонту и реконструкции.

Ключевые слова: шлюз-регулятор, обследование, дефекты, разрушения, прочность, рекомендации по ремонту.

Abstract

G. G. Kruglov, N. N. Linkevich

THE STUDY OF THE TECHNICAL CONDITION OF THE GATEWAY REGULATOR ON THE LAN RIVER

The article presents the methodology of field surveys and the results of studies of the technical condition of the structural elements of the gateway regulator. Their technical condition, the presence of various kinds of defects and damage are revealed. Recommendations for repair and reconstruction are given.

Keywords: gateway regulator, surveys, defects, damage, strength, recommendations for repairing.

Введение

Гидротехнические сооружения находятся в сложных условиях эксплуатации, обусловленных их значительными объемами, взаимодействием с основанием, воздушной и водной средами, воздействием волн, льда, атмосферных осадков, температуры, солнечной радиации, землетрясений и т. д. По серьезности последствий авария на гидротехнических сооружениях не может сравниться с аварией технологического оборудования. Серьезная авария крупного водоподпорного сооружения может привести к человеческими жертвам и большому материальному ущербу вследствие не только выхода из строя самих сооружений, но и разрушений волной прорыва населенных пунктов, промышленных предприятий и транспортных коммуникаций, расположенных ниже по течению. Тяжелые катастрофические последствия возможных аварий гидротехнических сооружений, особенно работающих под напором воды, предъявляют повышенные требования к их надежности.

В составе мелиоративных систем около 176 тыс. км мелиоративных каналов и водоприем-

ников, 89 тыс. гидротехнических сооружений (ГТС), в том числе 24,4 тыс. труб-регуляторов и 52,4 труб-переездов, 975 тыс. км закрытых дренажных коллекторов и дрен, 488 польдерных насосных станций, 918 прудов и водохранилищ и др. По данным государственного учета на 01.01.2015 г., мелиоративные системы на площади 426,4 тыс. га нуждались в реконструкции, 121,7 тыс. га – в ремонте, 23,8 тыс. км открытой сети заилены сверх допустимого, 12,3 тыс. км заросли древесно-кустарниковой растительностью, 16,8 тысяч гидротехнических сооружений требуют ремонта.

Начиная с 1990-х гг. из-за уменьшения ресурсного обеспечения ремонтно-эксплуатационных работ начали развиваться процессы ускоренного износа мелиоративных систем, повторного заболачивания, образования мезорельефа и др. Так, 90 % разрушений в шлюзах-регуляторах приходится на камеру шлюза и рисберму: раковины в стенках и днище камеры, разрушение бетона в бычках и устоях, разрушение стыков плит и блоков. Разрушения в основном находятся на уровне стояния быто-

вых вод (диапазон колебания – 20 см) в период осенне-зимних и весенних заморозков. Глубина разрушения фиксируется до 0,5 м, что определяется глубиной промерзания. Аналогичные повреждения (опор, устоев) имеют место у пешеходных и автомобильных мостов, труб-переездов и труб-регуляторов. Кроме того, у трубчатых сооружений часто наблюдаются разрушения стыков во входном и выходном оголовках и в теле трубы.

Оценка состояния объектов потенциальной опасности требует наличия объективной информации о техническом состоянии упомянутых сооружений и инженерных систем. В связи с этим была разработана методика натурных обследований, изучена техническая докумен-

тация по шлюзу-регулятору, проведен визуальный осмотр сооружений и их конструктивных элементов, определена прочность на сжатие бетонных конструкций шлюза-регулятора неразрушающим методом с помощью измерителя прочности бетона ИПС-МГ4.03, описано техническое состояние сооружений, обнаружены различного рода дефекты, и все наиболее значительные из них сфотографированы.

Обследование шлюза-регулятора на р. Лань выявило серьезные проблемы в работе сооружения. На основании проведенных исследований разработаны рекомендации по ремонту и реконструкции шлюза-регулятора, которые использованы при разработке проекта его реконструкции.

Описание конструкции шлюза-регулятора на р. Лань

По территории Брестской и Минской областей протекает Лань, левый приток Припяти. Длина реки 161 км, площадь водосборного бассейна 2190 км², среднегодовой расход воды в устье 11,3 м³/с. Ее исток находится около д. Габруны на Копыльской гряде, в среднем и нижнем течении река протекает по Припятскому Полесью, практически на всем протяжении она канализирована, зарегулирована водохранилищем Локтыши. В верхнем течении ее ширина 4–8 м, в нижнем – до 20 м; ширина поймы 0,6–1 км. Берега реки торфянистые, местами песчаные и супесчаные, их

высота 1–2 м. Долина реки шириной 1–1,5 км покрыта смешанными лесами, заболочена, имеется сеть мелиоративных каналов. Основные притоки справа – Бабка, Нача, Люта, слева – Цепра, Болванка.

Шлюз-регулятор построен в 1975 г. на пикете 374. Исходными данными для составления проекта послужили материалы изысканий, проведенные РУП «Белгипроводхоз» в 1970 г. Шлюз-регулятор совмещен с мостовым переходом автомобильной дороги Гоцк – Пузичи, его общий вид приведен на рис. 1.



Рис. 1. Общий вид шлюза-регулятора на р. Лань

Шлюз-регулятор имеет 4 водосливных отверстия шириной 5,5 м и высотой 3,0 м. Конструкция шлюза-регулятора базируется на типовом проекте ШРА 3,5–4 × 5,5, так как типовый проект не соответствует требуемым параметрам (расходу, высоте отверстий и др.).

Камера шлюза-регулятора имеет доковую конструкцию, разделенную быками на четыре водосливных отверстия. Отметка порога шлюза принята на отметке дна – 137,38 м. Толщина железобетонного монолитного днища шлюза – 0,8 м, длина – 19,3 м. Днище шлюза-регулятора совмещено с водобойным колодцем глубиной 0,5 м. За низовым зубом водобойного колодца устроен трехслойный обратный фильтр общей толщиной 0,95 м. Над фильтром, по дну реки и береговым откосам, выполнена монолитная железобетонная плита длиной 3,6 м и толщиной 20 см.

Для снятия фильтрационного давления на плиту и обеспечения выхода фильтрационного потока в нижний бьеф в ней устроено два ряда разгрузочных колодцев. Участок рисбермы за монолитной плитой длиной 7,2 м закреплен плитами ПП 1,8 × 1,2 м толщиной 15 см, уложенными на подготовку из гравия толщиной 15 см, остальная часть рисбермы закреплена сборными железобетонными плитами ПР 1,8 × 1,2 м. По углам плиты скреплены провололочной скруткой. Для сопряжения рисбермы с руслом реки и для предотвращения подмыва рисбермы в ее конце устроен зуб из камня диаметром 16–25 см, глубиной 1,3 м.

Для удлинения пути фильтрационного потока под шлюзом-регулятором и уменьшения его градиента в состав подземного контура входят понур и шпунтовый ряд. Понур гибкий выполнен из глины толщиной 60 см. Место сопряжения понура с фундаментальной плитой шлюза-регулятора уплотнено двумя слоями брезента, пропитанного битумом длиной 1,5 м. Над понуром выполнен защитный слой из песка толщиной 25 см и подготовки из гравия толщиной 15 см. По гравийной подготовке уложены плиты крепления ПР 1,8 × 1,2 м. Дли-

на понура 7,2 м. Перед понуром для его сопряжения с дном реки выполнен зуб из камня глубиной 1,2 м.

Монолитные конструкции шлюза-регулятора и сборные плиты креплений выполнены из гидротехнического бетона марки 200, марка по морозостойкости МРЗ-150, по водонепроницаемости В-6. Плиты пролетного строения моста выполнены из бетона марки 300, морозостойкости МРЗ-200. Арматура железобетонных конструкций принята горячекатаная гладкая класса А-I и горячекатаная периодического профиля класса А-II. Арматурные сети и каркасы сварные. Рабочие затворы плоские, колесные, они перекрывают отверстия шириной 5,5 м и высотой 3,0 м. Для маневрирования рабочими затворами установлены электрифицированные двухвинтовые подъемники 20 ЭВД. Ремонтные затворы выполнены в виде шандор, для маневрирования которыми предусмотрены ручные тали грузоподъемностью 0,5 т.

Конструкция металлического перильного ограждения сварная, выполнена из швеллеров, труб и полос. Перильные ограждения крепятся к закладным деталям плит тротуаров и служебных мостиков. Ширина полотна подъездов к шлюзу-регулятору принята 10 м. Покрытие подъездов в пределах шлюза асфальтовое, толщиной 5 см по основанию из камня, диаметром 14–15 см. Заложение откосов подъездов 1 × 1,5. Откосы подъездов в пределах шлюза закреплены сплошной одерновкой, далее – одерновка в клетку с подсыпкой растительного грунта и посевом трав.

Для проведения наблюдений за уровнями воды в реке, а также в целях возможности в дальнейшем устроить автоматическое регулирование маневрированием затворами устроены два колодца диаметром 60 см. Трубопроводы к колодцам выполнены из металлических труб диаметром 76 мм и выведены на понур и рисберму. Крепятся трубопроводы металлическими скобами, замоноличенными в стыки между плитами. На концах трубопроводов бетонные упоры и фильтры.

Методика натурных обследований

Обследование шлюза-регулятора на р. Лань проводилось силами и средствами организации-исполнителя, то есть сотрудниками БНТУ,

по предварительно разработанной методике. Методика натурных обследований составлена на основании опыта подобных работ, а также

обзора и анализа источников [1–10]. Заказчик оказывал исполнителю содействие по всем вопросам, предоставлял всю техническую документацию, имеющуюся в его подразделениях, активно помогал в проведении натурных обследований гидротехнических сооружений.

Основные задачи натурных обследований – оценка общего состояния конструкций, соответствие их проекту, выявление дефектов, повреждений и неблагоприятных процессов, вскрытие возможных причин их появления и разработка профилактических или восстановительных мероприятий по устранению повреждений и дефектов для обеспечения надежной и безопасной работы сооружения, предотвращения отказов и аварий, улучшения режимов эксплуатации и оценки уровня безопасности и риска аварий.

Обследования проводились группой, результаты сопоставлялись, и все обнаруженные дефекты и повреждения повторно проверялись. Записи и фотографирование проводились непосредственно на месте.

Для определения прочностных свойств бетонных конструкций использовался неразрушающий метод ударного импульса с помощью измерителя прочности бетона ИПС-МГ4.03 (сертификат № 31204). Диапазон измерений прочности $3 \div 100$ МПа, пределы допускаемой основной относительной погрешности измерений ± 8 %. Измерения проводились для основных конструктивных элементов бетонных сооружений шлюзов-регуляторов (береговые устои, плиты крепления и др.). Каждое измерение осуществлялось на участке сооружения размером не менее 100 см^2 . Число измерений на каждом участке было не менее 15. После проведения 15 измерений прибор проводит автоматическую обработку результатов и на дисплее высвечивается конечный результат: прочность бетона в мегапаскалях и класс бетона.

Таким образом, в состав работ, выполняемых в рамках натурных обследований, включены:

- изучение технической документации;
- обследование общего состояния сооружений и их элементов;
- установление повреждений и дефектов отдельных конструкций сооружений;

- выявление причин, вызывающих повреждение конструкций;
- определение прочностных свойств бетонных конструкций;
- разработка рекомендаций по устранению выявленных дефектов и повреждений.

Изучение технической документации по гидротехническим сооружениям.

К технической документации, подлежащей изучению, относится проектная (включающая все внесенные в проект изменения и данные об инженерно-геологических, гидрогеологических, гидрологических, топографических и природно-климатических условиях строительства); исполнительная; документация по реконструкции, проведению текущих ремонтов; акты приемки скрытых работ; материалы предшествующих обследований и исследований; акты инспекторских проверок и комиссионных обследований состояния гидротехнических сооружений, расследований повреждений и аварий; книги текущего состояния сооружений и видов ремонта; данные о службе эксплуатации ГТС и уровне культуры эксплуатации ГТС (укомплектованность и квалификация штатов, наличие необходимых методических материалов, средств измерений и контроля, регулярность обследований состояния ГТС и проведения текущих ремонтов, привлечение к анализу данных натурных наблюдений специализированных организаций и пр.) и др. Эти материалы изучаются в первую очередь в эксплуатирующей организации, а в случае их отсутствия – в организациях, выполнявших указанные работы.

При изучении материалов разных лет необходимо обратить особое внимание на отражение в них идентичности и взаимной увязки элементов сооружений, их размеры и высотное расположение и др. Если такое несоответствие выявляется, то требуется сопоставление с натурой, установление истинного положения или состояния, что отражается в отчете.

В результате изучения технической документации должны быть получены следующие материалы:

- проектная и другая техническая документация;
- данные о предшествующих обследованиях или исследованиях, принятых ре-

шениях, связанных с ремонтом или реконструкцией, и их выполнении;

- сведения о несоответствии в материалах разных лет;
- документация, которую необходимо восстановить.

Техническая документация изучалась в ГУП «Солигорское ПМС», которое осуществляет эксплуатацию шлюза-регулятора.

Результаты натурных обследований шлюза-регулятора на р. Лань

Техническое состояние бетонных конструкций шлюза-регулятора в целом удовлетворительное. Было зафиксировано нерабочее состояние электрифицированных двухвинтовых подъемников затворов, вследствие чего маневрирование последними осуществля-

лось автомобильным подъемным краном. Таким образом, потребовалась замена подъемного оборудования.

Назовем основные дефекты и разрушения бетонных конструкций.

1. Разрушение облицовки, каверны и оголение арматуры на напорной грани бычков; разрушение уплотнений стыков сборных железобетонных плит крепления берегов в верхнем бьефе (рис. 2).



Рис. 2. Напорная грань бычков в зоне переменного уровня и стыки сборных железобетонных плит крепления

2. Разрушение защитного слоя бетона, каверны, оголение и коррозия арматуры (рис. 3).



Рис. 3. Каверны, оголение и коррозия арматуры соответственно на боковых поверхностях бычков, плитах перекрытия автомобильного моста и береговом открылке устоя

3. Разрушение плит служебного мостика и уплотнения температурно-осадочного шва между стенкой камеры шлюза и открылков нижнего бьефа (рис. 4).



Рис. 4. Разрушение плиты служебного мостика и уплотнения конструктивного шва

4. Осадки и провалы грунта в зоне примыкания стенок шлюза к берегам (рис. 5).



Рис. 5. Провалы грунта в примыкании левобережного устоя

Результаты измерений прочности на сжатие бетонных конструкций шлюза-регулятора на р. Лань приведены в таблице.

Анализ данных таблицы показывает: прочность бетона больше 20 МПа, что соответствовало или было выше марки бетона М200, которая является допустимой для конструкций подпорных гидротехнических сооружений. Прочность бетона менее 20 МПа получена только для плиты крепления левого берега в верхнем бьефе шлюза-регулятора.

Т а б л и ц а. Прочность бетонных конструкций шлюза-регулятора на р. Лань

Наименование сооружения и конструктивного элемента шлюза-регулятора	Номера точек измерения	Прочность бетона на сжатие, МПа	Класс бетона
1. Верховой открьлок правобережного устоя	1	52,0	B50
	2	25,8	B25
2. Плиты крепления правого берега в верхнем бьефе «—» в зоне переменного уровня	1	20,7	B20
	2	20,0	B20
3. Низовой открьлок правобережного устоя	1	73,5	B70
	2	43,1	B40
4. Верховой открьлок левобережного устоя	1	66,4	B65
5. Плита крепления левого берега в верхнем бьефе	1	18,5	B15
6. Низовой открьлок левобережного устоя	1	54,2	B50
7. Плита крепления левого берега в нижнем бьефе	1	41,7	B40

Заключение

Сегодня в Беларуси существует опасность возникновения риск-ситуаций на гидротехнических сооружениях. Полноценный контроль за состоянием сооружений, особенно местных и локальных, практически отсутствует. Одним из возможных подходов для решения проблемы контроля может явиться мониторинг состояния гидротехнических сооружений. Для реализации этой задачи разработана методика натурных обследований гидротехнических сооружений, которая должна выполняться поэтапно с учетом специфики объектов.

В качестве основных мероприятий по ремонту и реконструкции шлюза-регулятора на р. Лань рекомендуется проведение ремонтных работ и реконструкция шлюза-регулятора, несмотря на то что техническое состояние бетонных и железобетонных конструкций удовлетворительное. Подъемные устройства для маневрирования рабочими затворами необходимо демонтировать и заменить на новые. Пазовые конструкции и рабочие затворы следует отремонтировать, очистить от ржавчины и нанести антикоррозионные покрытия, а в ра-

бочих затворах заменить боковые и донные уплотнения. Оголенную арматуру на всех конструкциях шлюза-регулятора требуется зачистить от ржавчины и нанести защитный слой бетона. Ремонт дефектов бетонных конструкций (трещины, каверны, сколы и т. д.) можно выполнить зачисткой места повреждения до здорового бетона, зачеканкой цементно-песчаным раствором с последующим торкретированием или заделкой этих повреждений цементными смесями «Кальматрон», «Парад», «Эмако» и др. Разрушенные уплотнения стыков сборных железобетонных плит крепления берегов необходимо очистить от мусора и грунта, затем заполнить бетоном или битумной мастикой. Разрушенные уплотнения температурно-осадочных швов следует очистить, удалить мусор и зачеканить герметиком или битумной мастикой. В местах осадок и провалов грунта в примыкании стенок камер шлюза к берегам необходимо удалить растительный грунт и заполнить провалы песчаным грунтом с последующим тщательным уплотнением.

Библиографический список

1. Указания по организации натуральных наблюдений и исследований на строящихся гидротехнических сооружениях : ВСН 01–74. Минэнерго СССР, ВНИИГ им. Б. Е. Веденеева. – Л. : Энергия, 1974. – 22 с.
2. Типовая техническая программа обследования гидротехнических сооружений эксплуатируемых электростанций. – М. : СПО «Союзтехэнерго», 1982. – 40 с.
3. Линкевич, Н. Н. Эксплуатация гидротехнических сооружений : учеб. пособие / Н. Н. Линкевич, М. В. Нестеров. – Минск : ИВЦ Минфина, 2019. – 514 с.
4. Круглов, Г. Г. Исследование технического состояния судходной плотины гидроузла «Стахово» Лунинецкого района Брестской области / Г. Г. Круглов, Н. Н. Линкевич // Мелиорация. – 2018. – № 4 (86). – С. 31–37.
5. Инструкция по эксплуатации гидротехнических сооружений и водохранилищ гидроэлектростанций : СТП 09110.21.540-13. Введ. 01.04.2014. – Минск : ГПО «Белэнерго», 2013. – 54 с.
6. Круглов, Г. Г. Результаты натуральных обследований гидротехнических сооружений водохранилища «Заславское» и мероприятия по предотвращению их разрушения фильтрационным потоком / Г. Г. Круглов, Н. Н. Линкевич // Мелиорация. – 2015. – № 1 (73). – С. 160–165.
7. Обследование строительных конструкций зданий и сооружений. Порядок проведения : ТКП 45-1.04-37-2008* (02250) / М-во стр-ва и архитектуры Респ. Беларусь. – Минск, 2014. – 42 с.
8. Методы обследования и способы ремонта бетонных гидротехнических сооружений / сост. М. М. Трункова. – М. : Информэнерго, 1979. – 83 с.
9. Бечин, А. П. Исследование бетона эксплуатируемых гидротехнических сооружений / А. П. Бечин, М. М. Трункова, В. А. Рябов. – Л. : Энергия, 1970. – 33 с.
10. Физдель, И. А. Дефекты в конструкциях, сооружениях и методы их устранения / И. А. Физдель. – М. : Стройиздат, 1987. – 336 с.

Поступила 23.04.2020 г.